



# SUSTENTABILIDAD DE VEGETALES A BAJO COSTO EN AZOTEAS DE GRANDES CIUDADES

Clave de registro: CIN2015A10130

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE MÉXICO Campus “*Hispano*”

Áreas de conocimiento: Ciencias Biológicas, Química y de la Salud

Tipo de investigación: Experimental

***Autores:***

Aguilar Castañeda Yareli Lizbeth  
Santos Ayala Fernanda  
Cervantes Hernández Karol Paulina  
Hernández Acosta David Alejandro

***Asesores:***

Jiménez Robledo Iván  
Landa Esteban Janet

Febrero 2015

Coacalco Berriozábal, Estado de México

### Resumen

Este proyecto, considerado para un periodo de tres años, trata en su primera etapa sobre el diseño y desarrollo de hortalizas en las azoteas de las casas y/o edificios de las grandes ciudades, cultivadas mediante un método de hidroponía con riego por goteo y el uso de derivados de la grava, por considerarse la mejor opción para este caso, pues las grandes ciudades no cuentan con grandes espacios para la siembra de productos agrícolas. La hortaliza tendrá un diseño sustentable, fácil de elaborar y económico, por lo que cualquier familia podría cultivar en la azotea de su casa, utilizando este método. Se plantarán diversos tipos de lechugas, por ser las que más se adaptan a este tipo de cultivo, utilizando el PVC y reciclando el caucho de las llantas (que tanto daño hace al medio ambiente), reduciendo con la técnica de hidroponía la cantidad de bacterias que se presentan cuando los vegetales son regados con aguas negras y procurando el ahorro de agua con un sistema de riego por goteo, de esta forma las familias podrían cultivar sus propios vegetales a un bajo costo y consumir comidas más saludables.

*Palabras clave: Sustentable, hidroponía, riego por goteo, grava.*

### Abstract

This project is considered for a period of three years. In its first stage, we talk about the design and development of vegetables on the roofs of houses or buildings in big cities, cultivated by a method of hydroponics with drip irrigation and use derived from the gravel, considered the best option for this case, because the big cities do not have large spaces for growing agricultural products. The vegetable will have an easy to prepare and economical, sustainable design so any family could grow on the roof of their house, using this method. Various types of lettuce will be planted, because these ones are the most suited to this type of culture. We will be using PVC and recycled rubber tires (which is so damaging to the environment), reducing with the technique hydroponics the amount of bacteria that occur when plants are irrigated with sewage and trying to save water with drip irrigation system, thus families could grow their own vegetables at low cost and eat healthier meals.

*Keywords: Sustainable, hydroponics, drip irrigation, gravel.*

## Introducción

### Metodología de la Investigación

- a) Planteamiento del problema.
- b) Justificación en el contexto de un cultivo sustentable en grandes ciudades.
- c) Definición del objetivo general y los objetivos específicos.
- d) Elaboración del marco teórico sobre los materiales para la construcción de hortalizas y el método de sistema de riego; así como el tipo de suelo óptimo.
- e) Formulación de las hipótesis.
- f) Planeación y construcción de la hortaliza con los materiales adecuados para el cultivo de vegetales en azoteas.
- g) Análisis de resultados, obtención de conclusiones y elaboración de nuevas propuestas.

### Planteamiento del problema

En la actualidad, debido a la reducción de espacios, contaminación y agotamiento de suelos; la construcción de hortalizas para el cultivo de vegetales en pequeños espacios (azoteas) de las grandes ciudades se ha vuelto una alternativa para solucionar el problema del abastecimiento de alimentos en dichas zonas. Además, es de vital importancia que los alimentos que se cosechan presenten en menor medida bacterias, parásitos y químicos que alteren su estructura evitando así el deterioro de la salud y el medio ambiente. Este trabajo tiene como objetivo realizar un estudio sustentable que involucre a diferentes asignaturas en los procesos de diseño y construcción de una hortaliza en azoteas, cultivo y cosecha de vegetales, e inclusive, elaborar un precio de comercialización de dichos alimentos.

El plan está ideado para un periodo de 3 años, que busca la incorporación del estudiante desde 4° hasta 6° año en área de investigación. En esta primera etapa (que involucra las asignaturas de física, matemáticas y formación de valores) se diseñará, cultivará y construirá la hortaliza en espacios de azotea. Una alternativa viable es la creación de un cultivo por el proceso de hidroponía, desde nuestros hogares con materiales reciclables y un sistema de riego por dicho método.

### Justificación

La construcción de hortalizas para cultivo de vegetales en las azoteas es un proyecto que puede cambiar la perspectiva del sector agrícola en nuestro país y dar alternativas a los ciudadanos de las grandes urbes de autogenerar su propio alimento con el mismo valor nutricional y cuidando el medio ambiente.

México es el país número uno en obesidad infantil y para prevenir y reducir esta situación es importante cambiar nuestros hábitos alimenticios, consumiendo comida mucho más sana y menos transgénica.

Por lo que en este trabajo se busca la sustentabilidad de vegetales para que las familias los consuman sin la incertidumbre de qué tan contaminados o alterados éstos están, entre otras ventajas, fomentar en la sociedad un mayor cuidado del medio ambiente ya que el suelo de las ciudades puede no ser fértil, o estar dañado por la contaminación, y a falta de espacios en las grandes ciudades resulta una excelente alternativa el cultivo en las azoteas, además de ser muy práctico e, inclusive, buscar la comercialización de los productos a un precio accesible y justo.

De lo anterior, ya que es una hortaliza que estará situada en las azoteas no deberá tener un gran peso y/o volumen, razón por la cual se escogieron los sustratos de tezontle y granzón, que son residuos de grava y son piedras porosas, que además permitirán un ahorro de agua. Los tubos de PVC son una base muy resistente, fácil y económica en su adquisición, los cuales deberán ser negros para que no crezcan algas en el fondo del tubo y con esto evitar el mal desarrollo del cultivo.

El sistema de goteo suministrará un constante riego y ya que es un sistema de riego con sólo agua, se evitarán muchas bacterias que se encuentran en el suelo, por esta razón la hidroponía por el método de goteo es la opción que más se adapta a las necesidades del proyecto.

### Objetivos generales y específicos

#### Objetivo general

Construir una hortaliza en la azotea de la casa, en forma económica y sustentable, así como la eliminación de parásitos y bacterias durante el proceso de crecimiento.

#### Objetivos específicos

- Crear un diseño fácil y económico para la construcción de las hortalizas para ayudar al ahorro de las familias.
- Tener un sistema de riego más limpio para reducir la comercialización de cultivos regados con aguas negras.
- Fomentar el cuidado del medio ambiente así como el conocimiento de las diversas técnicas de cultivo en la hidroponía.
- Aprovechar los nutrientes de fertilizantes naturales para enriquecer el agua en la que se desarrollará la germinación de los vegetales en ausencia del suelo.
- Dar importancia a la cultura del buen comer y la selección correcta de frutas y verduras, especialmente en niños.
- Involucrar distintos campos de asignaturas para una visión integral del proyecto.

### Hipótesis

1. El uso de tubos de PVC, materiales derivados de la grava (granzón y tezontle) y estructura de las hortalizas es una manera económica y factible para el cultivo ligero de vegetales para ser construidos en azoteas.
2. El sistema de riego por goteo en hidroponía evita que los vegetales estén contaminados, porque es una de las mejores técnicas para el desarrollo de las hortalizas y el cultivo de agua.
3. El agua de riego enriquecida con nutrientes proporcionan la misma calidad a los vegetales que las hortalizas cultivadas en un suelo fértil.
4. Para mayor ahorro de agua potable, se desarrollará un sistema que, junto con el sustrato, ayudarán a que la cantidad de agua utilizada para la germinación del vegetal sea menor.

### Fundamentación teórica

El método de hidroponía tiene una larga historia pero se registró su cultivo desde 1600 cuando Jan van Helmot experimentó y documentó su experiencia a través del cultivo en agua, pero no fue sino 99 años después que John Woodward pudo notar que el crecimiento del cultivo se debía a ciertas sustancias que contenía el agua; sin embargo en 1804 De Saussure expuso que las plantas tienen como composición nutrientes adquiridos por medio del aire, suelo y agua.

Tiempo después, los alemanes Sachs y Knop demostraron que existía una alternativa de cultivo para las plantas, este consistía en nutrir el medio en el que se cultivaría y es de esta manera cómo surgió la **nutricultura**, posteriormente se desarrollaron fórmulas para su consumo y cultivo.

Las necesidades globales sociales en 1925 requirieron que este método de cultivo fuera más conocido y llevado a la práctica con el objetivo de reducir las cifras de enfermedades. Cinco años después *W.F. Gericke* fue el que lo denominó como “**Hydroponic**” que en su traducción al español es **hidroponía** y se deriva de los

vocablos griegos *Hidro: agua* y *Ponos: labor*, por lo que se define como la germinación de plantas sin el uso del suelo y en su lugar se reemplaza con agua y algún sustrato como la grava, piedra, arena, aserrín, entre otras.

Esta técnica alcanzó su auge al término de la Segunda Guerra Mundial pues en Japón se desarrollaron un gran número de hectáreas pues el suelo de esta pequeña isla no era fértil a consecuencia de estrategias militares y políticas en contra de éste.

Existen diversos tipos de sistemas hidropónicos en agua, entre los más importantes y conocidos están:

§ **Sistema de raíz flotante.** Las raíces de las plantas están sumergidas en una solución nutritiva, es muy utilizada en países latinoamericanos especialmente para lechuga, albahaca, apio, menta, hierba buena, entre otras.

§ **Sistema NFT.** Sus siglas pertenecen a *Nutrient Film Technique* (Técnica de la Película Nutriente, traducido al español) y también es llamado sistema de recirculación continua; consiste en recircular la solución por medio de una electrobomba mediante de una serie de tubos de PVC. La electrobomba funciona continuamente durante todo el día, ya que es un sistema cerrado permite una buena oxigenación de raíces y un suministro adecuado.

Es además muy utilizado para las hortalizas de lechuga y albahaca.

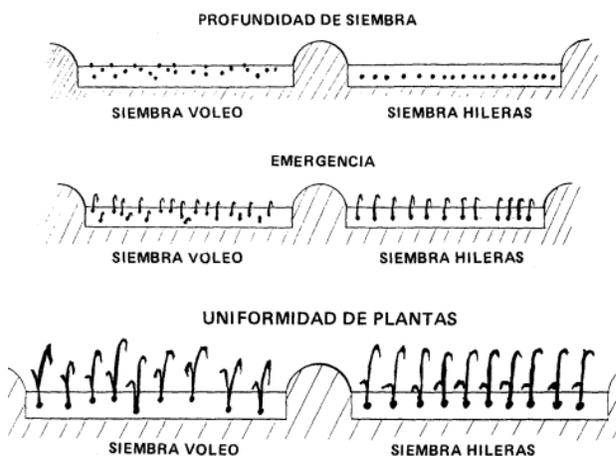
§ **Aeroponía.** En este sistema las plantas crecen agujeros en láminas de poliestireno expandido. Las raíces de las plantas están en el aire mientras que un sistema de nebulización dispersa solución nutritiva sobre las raíces. Una desventaja es el crecimiento desigual que es consecuencia de la luminosidad desigual sobre los cultivos.

§ **Riego por goteo con sustrato embolsado.** En este sistema, el agua es suministrada a la planta a través de goteros conectados a tuberías, en su mayoría, de PVC. El sistema es muy usado para hortalizas de tomate, pimiento, melón, pepinillo y sandía.

- § **Sistema de columnas.** Es un sistema que se caracteriza por el crecimiento vertical en macetas apiladas con sustrato liviano, permite una alta producción pero sólo para plantas pequeñas, las fresas, lechugas de hoja, espinaca, albahaca, menta, son algunos ejemplos de hortalizas cultivadas por este sistema. Las plantas deben estar iluminadas de lo contrario su fotosíntesis no se llevará a cabo completamente, el riego consiste en un bombeo constante de una electrobomba.
- § **Sistema de subirrigación.** Este sistema es característico por su manera de entrada y salida de la solución nutritiva porque permite la entrada de aire al sustrato que favorece la respiración.

Existen dos tipos de siembra en el método del goteo:

**Siembra directa.** Se utiliza cuando el tamaño de la semilla es óptimo y no necesita un sumo cuidado para su germinación y como su nombre lo indica es una siembra directa al medio en el que se cultivará, unas de las semillas que se pueden plantar en este método son: *pepino, acelga, rábano, espinaca, betabel, cilantro, perejil, apio, entre otras.*



**Siembra en almácigo (para trasplante).** Por el contrario a la siembra directa, se utiliza cuando la semilla tiene un tamaño menor y su germinación requiere de un cuidado meticuloso, es por eso que se realiza en almácigo para proporcionar un desarrollo eficaz y rápido, una de las ventajas de este tipo de siembra es

que la cosecha tiene una mayor protección del clima no favorable y reciben un riego más cuidadoso pero una de las desventajas de este sistema es la manera en cómo se colocan las semillas. (Ver imagen 1)

Unos de los cultivos que se desarrollan en este tipo de siembra es el chile, col, lechuga, tomate coliflor y brócoli son los que más se adaptan al proceso.

### Parámetros climáticos

#### Temperatura

Controla a velocidad de crecimiento de las plantas, cuando ésta aumenta los procesos químicos aceleran.

#### Humedad relativa

Es el aire en el invernadero que influye en el grado de transpiración de plantas.

#### CO<sub>2</sub>

Influye en la cantidad de fotosíntesis de las plantas.

#### Iluminación

Se mide con un sensor cuántico, el cual mide la Radiación Activa Fotosintética (RAF). RAF es la luz que permite a las plantas llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis.

#### Oxígeno disuelto

Indica la cantidad de oxígeno disponible en la solución nutritiva del estanque para que se pueda llevar a cabo la respiración.

#### pH

Indica el número de iones de hidrógeno. Controla la disponibilidad de sales fertilizantes. Se considera óptimo un pH de 5.8 como sistema de crecimiento.

#### Conducción eléctrica

Es una medida de las sales disueltas en una solución.

## Fertilizantes para un líquido nutritivo

La cantidad de solución depende del volumen del estanque, pero por litro de agua se deben agregar 5 mililitros de solución A y 2 mililitros de B.

Elementos de las soluciones: Ácido sulfúrico, sulfato ferroso, sulfato de manganeso, ácido bórico, sulfato de cobre, sulfato de zinc, ácido fosfórico, nitrato de potasio, nitrato de calcio.

## Elementos abióticos del ecosistema que son parte de las cosechas

### Agua

Es uno de los principales factores del ecosistema, tiene una distribución homogénea y con una circulación constante por el ciclo del agua (ver imagen 2).



Imagen 2

Los organismos presentan adaptaciones dependiendo de la cantidad de humedad o disponibilidad de agua con la que el ambiente cuenta. Por ejemplo: en las zonas áridas, las plantas reducen el tamaño de sus hojas y en ves las convierten en espinas para evitar deshidratación, por el contrario

en las zonas húmedas las plantas desarrollan hojas grandes y raíces poco profundas.

### Suelo y sustrato geológico

Es la parte superficial de la corteza terrestre donde se desarrollan las plantas, producto del intemperismo y éste consiste en una serie de procesos físicos y químicos que actúan sobre el sustrato que provoca una fragmentación y transformación a un material llamado *regolita*. La *regolita* se combina con materia orgánica, microorganismos, agua aire y a dicha mezcla se le llama **suelo**.

Aporta minerales necesarios a las plantas

### Rocas ígneas

Se clasifican de acuerdo a su composición química y textura debido al lugar de enfriamiento, se dividen en dos:

- « **Rocas ígneas intrusivas o plutónicas.** El magma se modifica por lo común en el interior de la corteza terrestre y forma grandes cristales.
- « **Rocas ígneas extrusivas o volcánicas.** Son las que llegan a la superficie en grietas en estado de fusión, su enfriamiento es mucho más rápido y no permite la formación de cristales.

### Lechugas hidropónicas

Es originaria de Asia desde tiempos ancestrales, procede de la especie silvestre *Lactuca scariola* L., fue difundida en el centro y sur de Europa y en Rusia. Se cultiva en la mayoría del mundo y en climas fríos, se utiliza como verdura o planta medicinal.

En la medicina alternativa se usa como calmante y narcótico, sus hojas frescas alivian el estreñimiento, dispepsia, mucosidad de garganta y pecho, efectos tranquilizadores y refrescantes pues fortifican los nervios y con eso se logra una mejor sensación de sueño por lo que también es buena para reducir el insomnio. La decocción<sup>1</sup> de las hojas se considera como remedio para el estreñimiento, tos, catarro, dolores reumáticos, laxante, antiespasmódico, diurético, béquico, inflamaciones internas, entre otras.

Las semillas comienzan a germinar a una temperatura de 2 a 3°C, en el rango de temperatura para su desarrollo es de 13 a 25°C. Es una planta anual, emite su tallo floral siendo más sensibles las lechugas de oreja que de cabeza. Exigen de mucha luz y la escasez de la misma provoca un grosor menor en las hojas, tiene una tolerancia a la acidez, su rango de pH es de 6 a 6.8, es también medianamente tolerante a la salinidad.

---

<sup>1</sup> Consiste en hervirla en agua a fuego lento y dejarla reposar.

Es una hortaliza de trasplante lo que indica que es de siembra en almácigo; sin embargo, también puede ser sembrada de forma directa, el tiempo de cosecha varía dependiendo al tipo de siembra, la manera en cómo estén colocadas las semillas, pero su tiempo aproximado es de 90 a 100 días.

Existen diversos tipos de lechugas pero las que son más comercializadas son:

- **Italiana y orejona** son ejemplos de lechugas cos, es una lechuga intermedia entre la de cabeza y hoja suelta. Característica de hojas alargadas que forman una bola, rígidas y frágiles, son un perfecto ejemplo para ser desarrolladas con el sustrato
- **Romana** es un ejemplo de lechuga de cabeza, tienen las hojas grandes y es muy parecida al repollo alcanzando un diámetro de 15 centímetros o más
- **Baby** es una lechuga orientada al mercado gourmet, una de las ventajas de esta hortaliza es su rapidez de cosecha y se adapta al cultivo de raíz flotante
- **Vulcan** es de tipo hoja suelta, apropiada para huertas caseras y pertenece específicamente a las lechugas de tipo hojas crepas o rizadas; son grandes, rectas y compactas, onduladas y de bordes crespos.

### Contaminación del suelo

Una de las razones por las que la técnica de hidroponía es muy buena opción en las grandes urbes es por la contaminación del suelo, unos de los factores que perjudican el suelo son:

- ❖ **Basura.** Es depositada en el suelo de manera indiscriminada alterando sus propiedades físicas y químicas, destruye la cubierta vegetal y se ocupa para actividades más productivas en la vida como la industria.
- ❖ **Fertilizantes.** El exceso de éste provoca que se filtre y lleguen a los mantos acuíferos subterráneos contaminando los manantiales que forman parte del ecosistema de diversos animales.

- ❖ **Plaguicidas.** Sustancias no biodegradables que envenenan a la flora y fauna y que a su vez pueden dañar al ser humano.
- ❖ **Herbicidas.** Se utilizan para el control de malezas y permanecen en el suelo durante varios años, contaminan el agua y pueden ser absorbidos por plantas comestibles, provocando así, daño a la salud humana.
- ❖ **Detergentes.** Contaminan los suelos regados con aguas negras, eliminando la microfauna y microflora con lo que se reduce el oxígeno edáfico que provoca el deterioro de los suelos agrícolas.

### Resultados Esperados

Esperamos que, al usar el método de hidroponía y el sistema de riego por goteo, los cultivos de lechuga (baby, orejona, italiana y romana) crezcan de una manera higiénica y contengan menor proporción de bacterias que las cosechadas en tierra, buscando incrementar el consumo de vegetales en las familias, ya que una de las causas por las que han dejado de consumir vegetales es el riesgo de contraer alguna infección o enfermedad por la ingesta de productos sido regados de manera antihigiénica.

En este sentido, al incorporar algunos nutrientes que suplan a los que tiene la tierra, esperamos que nuestros vegetales crezcan de manera correcta con el sistema de goteo que utilizaremos, tratando de reciclar el agua reduciendo el riesgo de contaminación y fomentando el ahorro del vital líquido.

Con el uso de esta metodología esperamos mejorar la economía de las familias, al utilizar materiales de bajo costo o reciclables, procurando reducir la contaminación y, a su vez, tener mayor ahorro, construyendo una hortaliza económica y con productos saludables.

### Nuevas propuestas

Como nueva propuesta, se pretende incorporar la chía, planta con propiedades que nos aportan elementos como: O-mega 3, fibras dietéticas y antioxidantes.

## Fuentes

1. Cervantes, M. (2008) *Biología general*. México: Grupo Editorial 525-528, 623.
2. Curtis, H. (2007) *invitación a la biología*. México: Editorial Médica Panamericana 598-603.
3. Fabián, E. (1999). *Geografía general*. México: Mac Graw Hill p.p 102.
4. Instituto Benson. (1999) *El cultivo del huerto*. Instituto de Agricultura y Ciencias "Ezra Taff Benson". Cultivo de huertos pequeños. Una guía para la horticultura intensiva. CECSA. México.
5. Resh M. *Cultivos hidropónicos*. Ediciones Mundid-Prensa. Madrid, España.
6. Sánchez del C.F y Escalante R. (1989) *hidroponía*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
7. Solórzano. J, *Huertos hidropónicos como una alternativa de producción de hortalizas y vegetales en las escuelas*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
8. Alvarado, D, Chávez, F., Wilhelmina. K. *Lechugas hidropónicas*. Julio 2001.
9. Espinosa R. (1985) *Estudio valorativo de establecimiento de huertos familiares en Hidroponía bajo Invernadero*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.